

基础研究助力陶瓷精密加工

□本报记者 张双虎

陶瓷具有其他材料所没有的一些性能,如耐磨、耐高温、耐腐蚀,同时还有优异的电、磁、声、光等物理特点。因此它在能源、电子、航空航天、机械、汽车、冶金、和生物等各方面都有广阔的应用前景,成为工业技术特别是尖端技术中不可缺少的关键材料。然而,陶瓷材料容易断裂,裂纹容易扩散,这个致命的弱点严重制约了陶瓷材料的加工、发展和应用。

在国家自然科学基金的支持下,浙江工业大学教授袁巨龙团队在陶瓷精密加工新的基础理论和实践中取得重要突破,成功研制了基于全络研磨成球方式的新型精密球体研磨机,实现了陶瓷球的批量高效加工。其主持的“先进陶瓷精密高效加工技术基础研究”项目,被验收专家组综合评价为优秀。

特种陶瓷崭露头角

2010年11月,第八届中国国际航空航天博览会在珠海举行,作为中国最大规模的航空航天展会,受到全世界的巨大关注。展会上,歼十、轰六 H、C919 等一批代表我国在这一领域水平的新产品得到了展示。鲜为人知的是,陶瓷行业也与此密切相关,其中特种陶瓷更是广泛地应用于这些航空航天器材中。在本次航展上,特种陶瓷应用分别涉及到了直升机用防弹装甲陶瓷、飞机刹车盘材料、卫星电池用陶瓷隔膜材料、红外隐身/伪装、陶瓷轴承、高弹陶瓷天线罩材料等,特种陶瓷凭借其独特的优势在这一领域得到广泛应用。

陶瓷是一类原料来源丰富,传统技艺悠久,具有坚硬、耐用等一系列优良性质的材料,人类使用陶瓷的历史已有数千年。今天,陶瓷产品已遍及人们生产生活的各个方面,陶瓷工业也成为现代化建设中不可忽视的一个产业。

陶瓷制品可分为两大类,即普通陶瓷和特种陶瓷。普通陶瓷即为我们传统概念中所理解的陶瓷,这一类陶瓷制品是人们生活和生产中最为常见和使用的。特种



左图为袁巨龙在作报告。右图为材料微观缺陷分布模型。(右图来自《功能陶瓷材料的超精密加工技术》袁巨龙著)

陶瓷用于各种现代工业和尖端科学技术所需的陶瓷制品,其所用的原料和所需的生产工艺技术与普通陶瓷有较大的不同。特种陶瓷又可根据其性能及用途的不同细分为结构材料用陶瓷和功能陶瓷。结构材料用陶瓷主要用于耐磨损、高强度、耐热、耐热冲击、硬质、高刚性、低热膨胀性和隔热等。功能陶瓷中包括电磁功能、光学功能和生物—化学功能等陶瓷制品和材料,此外还有核能陶瓷和其他功能材料等。

特种陶瓷采用优化配方和精细生产工艺制造,其具有的优良机械、物理性能,是金属材料无法比拟的。上世纪七八十年代,特种陶瓷已在电子和光学高科技器件中应用出现。随着现代科学技术的飞速发展,人们对材料的要求更高更严,作为具有优良性能的特种陶瓷更在许多现代国防工业和尖端科学技术领域崭露头角。如航空、航天、半导体、高频技术、高温材料和各种特种用途的新材料、新材料,陶瓷材料加工的要求越来越高,加工技术也受到人们的普遍关注。

加工技术的瓶颈

陶瓷材料性能脆,容易断裂,而且裂纹容易扩散,这个致命的弱点严重制约了陶瓷材料的加工、发展和应用。随着特种陶瓷材料的开发和应用,陶瓷材料加工的要求越来越高,加工技术也受到人们的普遍关注。

“在陶瓷材料加工中,研磨是一种重要的精密加工方法。它可分为去除加工、结合加工和变形

加工三类。”袁巨龙说,“在精密或超精密加工过程中,比如去除加工时,要去除材料表面的一层原子,就是将材料表面原子与内部原子切开,机械加工必然残留有加工变质层,加工中还伴随着化学反应等复杂现象,处理不好就会影响材料的性能。”

据介绍,陶瓷材料的超精密加工是获得高形状精度、表面精度和表面完整性的必要手段。近年来,我国虽然在超精密加工方面做了大量工作,但是与国外发达国家还有距离。目前,我国大直径、高质量的球类还是依靠进口,然而国外又不愿意出售给我们,致使我国大型风机等应用受到一定制约。

“影响精密加工和超精密加工的因素主要有加工机理、被加工材料、加工设备及其基础件、加工工具、检测与误差补偿、工作环境、工艺过程设计、夹具设计、人的技艺等。超精密加工手段主要有超精密切削、超精密磨削和超精密研磨抛光以及特种加工等。这其中有很多基础科学问题有待解决。我们目前主要围绕基础几何形状表面(平面、球面、圆柱面)的超精密高效磨削、研磨抛光加工技术与装备,开展一系列原创性的加工方法、关键技术、加工与检测设备研究,形成加工技术及其理论体系,并应用于工程实际。”袁巨龙说。

助力陶瓷精密加工

在国家自然科学基金的支持下,袁巨龙团队提出了半固着磨

粒加工新方法及低结合强度、弱塑性变形的半固着磨具设计技术,揭示了先进陶瓷材料分别在脆性域、塑性域和弹性域均匀去除的加工规律;开发了具有低结合强度、弱塑性变形特性的半固着磨具,建立了其性能检测和评价体系。他们提出了偏心研磨和双自转研磨两种球面全络研磨成球原理,为解决成球精度低、成球效率低的技术难题提供了理论依据;建立了球面研磨均匀性的定量分析方法,为球体加工工艺过程的优化提供了有效的预测手段。该团队研发了陶瓷球体加工工艺专家数据库以及球体固着磨料研磨技术、化学机械抛光技术、研磨盘在位修整等陶瓷球精密高效加工关键技术,形成了陶瓷球体精密高效批量加工工艺新方法,并研制了基于全络研磨成球方式的新型精密球体研磨机,实现了陶瓷球的批量高效加工。

在项目执行期间,该研究小组发表学术论文 58 篇,其中被 SCI、EI 收录 80 余篇次;在国际会议上作特邀报告 4 次;获国家科技进步奖二等奖 1 项,省部级一等奖 1 项,二等奖 1 项,三等奖 1 项;申请发明专利 14 件,已获得发明专利 5 件,软件著作权 5 件;同时还开展了广泛的国际学术交流,培养了一批博士生与硕士生。

在该项目结题评审时,以中国科学院院士任露露为组长、中国工程院院士谭建荣为副组长的 7 人专家组对该项目给予了高度评价,综合评价为优秀。

专家组对“杰青”管理提出五条建议

基金委化学科学部召开国家杰出青年科学基金验收检查会

本报讯 近日,国家自然科学基金委员会化学科学部在江南大学召开了国家杰出青年科学基金 2006 年度资助项目结题验收暨 2008 年度资助项目中期检查会。

会上,中国科学院院士、国家自然科学基金委员会副主任姚建年指出,党的十七届五中全会提出要转变经济发展模式,社会各界普遍认为科技是基础是保证,应依靠科技创新去推动经济发展模式的转变。在这样的背景下,基金委党组认真学习十七届五中全会精神,研讨了“十二五”期间如何开展基金工作。当前对科技的支持呈多渠道态势,基金委侧重于上游的基础研究工作。

2011 年科学基金经费将有较大幅度增长,这对科技界是一个好消息,同时社会、政府和纳税人对科学基金必然会提出更高的要求,基金委也将承担更大的压力。国家杰出青年科学基金在社会上的认可度很高,社会对杰出青年科学基金资助者寄予很高的期望。目前各学科发展状况很好,我国科技论文的数量和质量都在不断提升,但原创性工作很少是我们当前的短板,希望杰出青年科学基金获得者能在原创性研究中多下功夫,力争取得突破性科研成果。姚建年希望专家组从严把评价标准,在学科方向上多提出指导性意见,让杰出青年科学基金资助者在下一步工作中更好地开展创新性工作。

基金委化学科学部常务副主任梁文平就会议的有关内容和要求作了具体部署。中科院院士包信和与清华大学教授王梅祥作为评审专家组组长主持了会议。48 位资助者从研究主持的完成情况、获奖后取得的主要成绩、研究工作在国内外的影响以及人才

培养等方面作了详细汇报。评审专家组在认真听取资助者汇报和提问讨论的基础上对每个项目进行了测评,并给出了书面综合评价意见。

专家组认为,2006 年度的 24 位资助者经过 4 年的努力在各自的研究工作中取得了明显的成果。例如,在基础理论研究方面,中国科学院大连化学物理研究所研究员张东辉利用他们最新发展的多级功能催化构造了目前最为精确的 F + H₂ 体系的基态势能面,该势能面上计算得到的理论结果与杨学明实验小组的实验结果取得了很好的吻合。他们还发展了一套舍波法在态一态水平研究旋轨耦合作用下的三原子非绝热动力学问题,并利用该方法对 Cl+H₂ 反应中的非绝热动力学进行了研究,取得了重要发现,研究成果发表在《科学》等刊物上。

在促进学科交叉研究方面,中国科学院化学研究所研究员毛兰群在活体电化学分析、动物模型和脑缺血过程中化学机制的探索方面取得了很有意义的研究成果。他们建立了基于碳纳米管的抗环血酸活体微电极伏安分析新方法,可用于大鼠脑中抗环血酸活体实时检测,对于抗环血酸生理和病理的研究具有重要意义;提出并建立了基于脱氢酶的葡萄糖/乳酸在线电化学分析新原理和新方法,成功地检测了动物脑缺血/再灌注过程中脑中葡萄糖/乳酸两组分的活体实时变化规律。

在推动产业化方面,中国科学院山西煤炭化学研究所研究员李永旺成功地催化实验基础,理论计算、反应系统的动力学分析以及工程基础研究有机结合,在解决了多相催化研究中的

一些关键科学问题的同时,为费托合成技术中催化剂设计、工艺优化到最终成功工业化提供了重要理论支持和实验指导。该项目最突出的成果是实现了具有完全自主知识产权的铁催化剂研发和高温浆态费托合成工艺的工业化示范验证,催化剂产能达到了 1500 吨油品/吨催化剂的较高水平,全系统综合能效显著提高,在国际上处于领先水平。

2008 年度 24 位杰出青年基金获得者的工作进展也得到了专家组的充分肯定,部分汇报者的工作取得了突出进展。其中,北京大学教授余志祥研究小组将理论计算和有机合成相结合来研究有机化学反应机理,发展有机合成方法学,并将发展的有机合成方法学应用于复杂天然产物的全合成。一方面从分子水平上深入理解一些重要或机理不清楚的有机化学反应,为优化反应条件和发展新反应和新催化剂提供指导;另一方面发展高效的有机合成反应和合成方法来解决天然产物和药物分子合成上的一些挑战性问题。

会议期间,基金委化学科学部就国家杰出青年科学基金的实施管理征求了评审组专家的意见。专家组意见和建议主要有如下几方面。

一是建议学部对汇报者提出更明确的要求,规范摘要撰写,突出汇报重点,使汇报者反映出资助以来重要学术贡献,在哪些方面超越别人,对学科未来将产生哪些影响。中期汇报者应多谈问题和今后研究设想,而不是简单罗列自己做过的工作。

二是国家杰出青年科学基金是一个品牌,具有导向作用,对整个学科将带来潜移默化的影响,从某种意义上讲,他们的工作代

表该学科研究的发展方向。专家组评议过程中应引导他们在科研中树立科学的价值观,形成好的科研理念,把研究工作质量放在第一位,鼓励他们做原创性和前沿性工作。中期检查和结题验收会议既是学术交流的过程,也是督促和促进项目承担者理清思路、明确今后研究方向的过程,评审专家有责任引导青年人才健康成长。

三是国家杰出青年科学基金应在同等条件下向更年轻的学者倾斜,同时考虑性别及学科分布等因素。学科均衡发展很重要,过去在国家杰出青年基金汇报中很少看到天然产物合成方面的工作。核能研究很重要,但在国家杰出青年基金中尚未看到放射化学方面的苗头,在选拔人才时应考虑学科发展需要并给予适当扶持。

四是提倡国家杰出青年科学基金资助者自己动手做科研,亲身参与实验过程,否则在人才培养中容易出现问题。近年来时有发生治学态度不严谨或不端行为导致论文撤销等问题,对科技界和社会都造成不良影响。

五是各学科特点不同,从测评结果看,文章好的获得“优”的数量也较多,非同同行专家在评价中容易通过文章发表情况进行判断。应侧重在资助者针对某一科学问题和目标的解决程度上,引导其围绕科学难题和自己的研究兴趣深入研究。专家组一致认为贯彻“三个更加侧重”的方针在科学基金评审资助管理中非常重要。化学科学部将会把专家组的宝贵意见落实到学部改进基金管理、把握学科均衡发展、促进青年人才培养等工作中去。

(黄宝晨 王瑞萍)

国家自然科学基金 2010 年资助概况及 2011 年新举措

□王长锐 孟宪平

2010 年资助工作三大特点

2010 年,国家自然科学基金资助工作有以下特点。

1. 不断完善和优化资助模式。国家自然科学基金委员会按照“更加侧重基础、更加侧重前沿、更加侧重人才”的战略导向,在保持“研究项目系列”、“人才项目系列”和“环境条件项目系列”三大系列相辅相成的资助格局的基础上,进一步明确各系列项目的定位,稳定研究项目系列的经费比例,强化人才项目系列的资助力度,发挥环境条件项目系列对研究项目系列和人才项目系列的支撑作用。用好增量经费,重点加强学科均衡发展项目和人才项目系列的资助,适度加大了对医学研究的投入。

2. 积极扶植和支持女性科研人员。为促进女性科研人员的成长、充分发挥女性科研人才的作用,国家自然科学基金委员会近年来强调了对女性科研人才的扶植和支持,明确提出在各类项目评审中注意把握在同等条件下女性科研人员优先的资助政策。在各类项目中,女性负责人所占比例不断提高,部分重点项目对女性申请人有比较明显的优先支持。如支持高层次人才的国家杰出青年科学基金,女性申请人的资助率高于男性 3 个百分点;参加化学科学部国家杰出青年科学基金答辩的 6 位女性申请人全部得到资助;科学仪器基础研究专项项目 7 位女性答辩人全部通过专家评审。今后,国家自然科学基金委员会还将采取放宽女性申请青年科学基金年龄限制等切实措施,进一步加大对女性科研人员的支持力度,使女性科研人员在自然科学基金研究中发挥更大的作用。

3. 加大对新疆地区基础研究的扶持力度。为认真贯彻落实中央科技援疆工作部署,支持国家区域创新体系建设,促进区域基础研究均衡发展,国家自然科学基金委员会从资助政策和国家加大力量支持新疆地区基础研究的支持力度,为培养和扶植新疆地区科学研究队伍,稳定和凝聚优秀人才,推动新疆地区经济、社会发展起到了重要作用。

2010 年新疆地区获得地区科学基金项目 228 项,资助金额达到 5746 万元,相比 2007 年的 101 项、1851 万元分别增长了 126% 和 210%。与此同时新疆地区在国家自然科学基金其他类型项目中也不断增强竞争力,2010 年获得了 25 项面上项目、1 项重点项目资助。在国家自然科学基金的持续资助下,新疆地区还涌现出了一批学术带头人,2010 年新疆地区获得青年科学基金项目资助的人数达到了 43 人,同时项目负责人中少数民族科学家的比例也在逐年提高。

2011 年度管理工作新举措

2011 年是实施“十二五”发展规划的第一年。国家自然科学基金委员会将按照“十二五”发展规划的战略部署,坚持“更加侧重基础、更加侧重前沿、更加侧重人才”的战略导向,进一步优化资助模式,实施原始创新战略、创新人才战略、开放合作战略、创新环境战略和卓越管理战略,推动学科均衡发展,持续支持,促进若干主流学科进入世界前列,推动高水平基础研究队伍建设,造就一批具有世界影响力的优秀科学家和创新团队,推动我国基础研究整体水平不断提升。

一是提高项目资助强度。随着国家自然科学基金预算的持续增长,国家自然科学基金委员会将在 2011 年度较大幅度地提高部分类型项目的资助强度,预计面上项目平均资助强度将达到约 60 万元/项,重点项目约 300 万元/项,重大项目约 2000 万元/项,青年科学基金项目约 25 万元/项,地区科学基金项目约 50 万元/项,重大国际(地区)合作研究项目约 300 万元/项,科学仪器基础研究专项项目最高将达到约 300 万元/项。

二是延长项目资助期限。在提高项目资助强度的同时,为鼓励项目承担人员潜心研究,减轻其负担,国家自然科学基金委员会将部分类型项目的资助期限适当延长,面上项目、地区科学基金项目、科学仪器基础研究专项项目等的资助期限从 3 年延长为 4 年;重大国际(地区)合作研究项目从 3 年延长为 5 年;重点项目、重大项目等从 4 年延长为 5 年。

三是简化限项申请规定。为提高管理工作效率,使广大申请人和依托单位准确理解限项申请规定,国家自然科学基金委员会自 2011 年起对限项申请规定进行了简化。具体限项申请规定在《国家自然科学基金 2011 年度项目指南》中有详细说明,请申请人予以关注。

(本文节选自《国家自然科学基金 2010 年申请与资助情况及 2011 年新举措》,《中国科学基金》2011.1)